



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift  
DE 195 31 507 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**B 24 B 5/42**

⑳ Aktenzeichen: 195 31 507.3  
㉑ Anmeldetag: 28. 8. 95  
㉒ Offenlegungstag: 27. 2. 97

**DE 195 31 507 A 1**

㉓ **Anmelder:**  
NAXOS-UNION Schleifmittel- und  
Schleifmaschinenfabrik AG, 63225 Langen, DE

㉔ **Vertreter:**  
Keil und Kollegen, 60322 Frankfurt

㉕ **Erfinder:**  
Folkerts, Werner, Dr., 63755 Alzenau, DE

㉖ **Entgegenhaltungen:**  
DE 43 19 359 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉗ **Schleifmaschine, insbesondere zum Schleifen von Nockenformen oder exzentrisch runden Sitzen**

㉘ Die Erfindung betrifft eine Schleifmaschine, insbesondere zum Schleifen von Nockenformen oder exzentrisch runden Sitzen, mit einem Maschinenbett, auf dem ein Werkstückschlitten zur drehbaren Aufnahme eines Werkstücks gelagert ist, wobei das Werkstück über eine Werkstückspindel antreibbar ist, einem Schleifspindelstock, über den eine Schleifscheibe radial verstellbar ist, um der Nockenform oder der Bewegung des umlaufenden Hublagerzapfens einer Kurbelwelle radial hin- und herpendelnd zu folgen, und mit einer Antriebseinheit zur Bewegung des Schleifspindelstocks. Höhere Beschleunigungen des Schleifspindelstocks und damit höhere Hubzahlfrequenzen und kürzere Schleifzeiten können erfindungsgemäß dadurch erreicht werden, daß die Antriebseinheit ein Linearmotor mit einem Primärteil und einem Sekundärteil ist.

**DE 195 31 507 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Schleifmaschine, insbesondere zum Schleifen von Nockenformen oder exzentrisch runden Sitzen, bspw. von Hublagerzapfen einer Kurbelwelle oder dgl., mit einem Maschinenbett, auf dem ein Werkstückschlitten zur drehbaren Aufnahme eines Werkstücks gelagert ist, wobei das Werkstück über eine Werkstückspindel antreibbar ist, einem Schleifspindelstock, über den ein Schleifwerkzeug, insbesondere eine Schleifscheibe, radial verstellbar ist, um der Nockenform oder der Bewegung der umlaufenden Hublagerzapfen einer Kurbelwelle radial hin- und herpendelnd zu folgen, und mit einer Antriebseinheit zur Bewegung des Schleifspindelstocks.

Bei herkömmlichen Schleifmaschinen werden für die Zustellung des Schleifspindelstocks im allgemeinen Kugelrollspindeln eingesetzt, die über Servomotoren angetrieben werden. Beim Schleifen von Nockenformen oder zentrisch eingespannten Kurbelwellen, bei denen die Hublagerzapfen auf einer Kreisbahn umlaufen, muß das Schleifwerkzeug dem Werkstück hin- und herpendelnd folgen, um die gewünschte Werkstückform zu erreichen. Der Schleifspindelstock muß dazu ständig hin- und herbewegt werden, wodurch die mechanischen Übertragungselemente zwischen Servomotor und Schleifspindelstock sehr großen Beanspruchungen ausgesetzt sind. Hierbei treten, insbesondere an den Punkten der Bewegungsumkehr, sehr hohe Beschleunigungen auf, die zusammen mit der starken Dauerbeanspruchung der mechanischen Antriebsteile zu einem unerwünschten Verschleiß der Antriebseinheit führen. Hierdurch werden die erzielbaren Genauigkeiten herabgesetzt. Außerdem wird die Hubzahlfrequenz des Schleifspindelstocks durch die auftretenden Massenkräfte bei der Bewegungsumkehr begrenzt. Um den Maschinendurchsatz zu erhöhen und damit die Stückkosten zu senken, wird schon seit längerem angestrebt, die Schleifzeiten zu verringern. Die damit verbundenen hohen Werkstückdrehzahlen erfordern aber noch höhere Beschleunigungen des Schleifspindelstocks, die mit konventionellen Antriebskonzepten nicht erreichbar sind.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Schleifmaschine der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, daß bei geringem Verschleiß und hoher Fertigungsgenauigkeit die Schleifzeiten weiter verkürzt werden können.

Diese Aufgabe wird bei einer Schleifmaschine des obigen Typs dadurch gelöst, daß die Antriebseinheit zur Bewegung des Schleifspindelstocks ein Linearmotor mit einem Primärteil und einem Sekundärteil ist. Bei Linearmotoren sind die zu bewegenden Massen erheblich geringer als bei herkömmlichen Antrieben, bspw. Kugelrollspindeln, so daß sehr viel größere Beschleunigungen und damit höhere Hubfrequenzen und höhere Maschinenleistungen realisierbar sind. Der Linearmotor unterliegt keinem die Genauigkeit beeinflussenden Verschleiß. Darüberhinaus tritt im Gegensatz zu einem Antrieb über eine Kugelrollspindel an den Punkten der Bewegungsumkehr keine mechanische Umkehrspanne auf, so daß höhere Genauigkeiten erzielt werden können.

Es ist zwar bei Bohr- und Fräsmaschinen bereits vorgeschlagen worden, zur Verringerung des Verschleißes und Erhöhung der Arbeitsgenauigkeiten translatorische Direktantriebe in Form von Linearmotoren zum Antrieb des Werkzeugschlittens einzusetzen. Eine Übertragung dieses Gedankens auf Schleifmaschinen ist je-

doch nicht ohne weiteres möglich. So muß gerade beim Schleifen von Nockenformen oder umlaufenden Hublagerzapfen einer Kurbelwelle der Schleifspindelstock ständig hin- und herbewegt werden. Aufgrund der großen zu bewegenden Massen sowie der hohen Beschleunigungen muß daher viel elektrische Energie in dem Linearmotor umgesetzt werden, was zu einer starken Erwärmung des Linearmotors führt. Diese Wärme überträgt sich auf die Maschinenteile, mit denen der Linearmotor in Verbindung steht. Die daraus resultierenden Wärmedehnungen in der Schleifmaschine verringern die erzielbare Genauigkeit, was insbesondere bei den im Automobilbau geforderten engen Toleranzen nicht hinnehmbar ist. Dabei tritt zum einen ein Höhenversatz zwischen der Schleifspindel und der Werkstückspindel auf, der die Rundheit der zu schleifenden Flächen beeinflußt. Nur mit großem technischen Aufwand könnte dieser Höhenversatz meßtechnisch erfaßt und durch eine entsprechende Steuerung der CNC-Maschine korrigiert werden. Die Erwärmung bewirkt aber auch Veränderungen im Grundkörper der Maschine, die zu geometrischen Ungenauigkeiten führen. Die dadurch entstehenden Durchmesserabweichungen der einzelnen Hublager können zwar durch eine Programmierung entsprechender Durchmesser für jeden Hublagersitz ausgeglichen werden. Auch dies aber ist technisch aufwendig und daher teuer.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist daher zwischen dem Linearmotor und dem ihn tragenden Maschinenbett und/oder zwischen dem Linearmotor und dem zu bewegenden Schleifspindelstock jeweils eine erste Kühlplatte, über die dem Linearmotor Wärme entzogen und nach außen abgeführt wird, und vorzugsweise zwischen der ersten Kühlplatte und dem Maschinenbett bzw. dem Schleifspindelstock eine erste Isolierschicht vorgesehen. Die im Linearmotor entstehende Wärme wird über die Kühlplatte nach außen abgeführt, so daß sie nicht auf das Maschinenbett und den Schleifspindelstock übertragen wird. Dieser Effekt wird dadurch verstärkt, daß der Linearmotor gegenüber dem Maschinenbett und dem Schleifspindelstock thermisch abgeschirmt ist. Auf diese Weise können Ungenauigkeiten aufgrund von Verformungen dieser Elemente zuverlässig ausgeschaltet werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß zwischen der ersten Kühlplatte und dem Maschinenbett bzw. dem Schleifspindelstock eine zweite Kühlplatte vorgesehen ist und daß die erste Isolierschicht zwischen der ersten und der zweiten Kühlplatte angeordnet ist. Über die zweite Kühlplatte kann daher auch die von der ersten Kühlplatte trotz der ersten Isolierschicht übertragene (geringe) Wärmemenge abgeführt werden.

Eine noch bessere Abschirmung des Maschinenbetts und des Schleifspindelstocks von dem Linearmotor wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß zwischen der zweiten Kühlplatte und dem Maschinenbett und/oder dem Schleifspindelstock eine zweite Isolierschicht vorgesehen ist. Die Wärmeabfuhr über die zweite Kühlplatte wird verbessert, da eine Wärmeleitung von der zweiten Kühlplatte in das Maschinenbett oder den Schleifspindelstock verhindert wird.

Um auch größere Wärmemengen effektiv aus den Kühlplatten abzuführen, ist vorgesehen, daß die ersten und zweiten Kühlplatten von einem Kühlmittel, bspw. Wasser, durchströmt werden, das extern rückgekühlt wird.

Damit die Wärmeübertragung von dem Linearmotor

auf das Maschinenbett und/oder den Schleifspindelstock noch weiter verringert wird, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß zwischen der ersten und der zweiten Kühlplatte eines Kühlelements weitere Kühlplatten vorgesehen sind, die voneinander jeweils über Isolierschichten getrennt sind.

Vorteilhafterweise besteht die Isolierschicht aus Pertinax oder Hartstoffen wie PVC.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der Primärteil des Linearmotors an dem Schleifspindelstock und der Sekundärteil des Linearmotors an dem Maschinenbett befestigt, so daß die bewegten Massen und damit die Energieaufnahme und Wärmeentwicklung des Linearmotors möglichst gering gehalten werden.

Es liegt auch im Rahmen der Erfindung, daß in dem Linearmotor eine Kühleinrichtung integriert ist.

Weiterbildungen, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels und der Zeichnung. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbeziehung.

Es zeigen:

Fig. 1 eine teilweise geschnittene schematische Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Schleifmaschine und

Fig. 2 einen schematischen Teilschnitt entlang der Linie II-II in Fig. 1.

Fig. 1 zeigt schematisch eine bahngesteuerte NC-Schleifmaschine 1 gemäß der vorliegenden Erfindung. Auf einem Maschinenbett 2 sind ein Werkstückspindelschlitten 3 und ein Schleifspindelstock 4 jeweils verschieblich gelagert.

Der Werkstückspindelschlitten 3 trägt in nicht näher dargestellter Weise ein nur angedeutetes Werkstück 5, bspw. eine Nockenwelle oder eine zentrisch eingespannte Kurbelwelle, deren zu schleifender Hublagerzapfen 6 auf einer Kreisbahn K umläuft. Hierzu wird das Werkstück 5 über eine nicht dargestellte Werkstückspindel mit konstanter Geschwindigkeit angetrieben.

Der Schleifspindelstock 4 trägt eine rotierbare Schleifscheibe 7 und ist senkrecht zur Axialrichtung des Werkstücks 5 bahngesteuert verfahrbar, wobei eine synchronisierte Bewegung der C-Achse und der X-Achse erfolgt. Da der Hublagerzapfen 6 des Werkstücks 5 auf der Kreisbahn K umläuft, muß die Schleifscheibe 7 der Bewegung des Hublagerzapfens 6 (Drehwinkel) hin- und herpendelnd folgen, um das gewünschte Schleifergebnis zu erzielen. In Anpassung an unterschiedliche Hubhöhen des Werkstücks 5 ist hierzu der Schleifspindelstock 4 mit der Schleifscheibe 7 um einen Hub H verfahrbar.

Der Antrieb des Schleifspindelstocks 4 erfolgt dabei über einen Linearmotor 8, der ein an dem Schleifspindelstock 4 befestigtes Primärteil 9 (Stator) und ein an dem Maschinenbett 2 befestigtes Sekundärteil (Reaktionsteil) 10 aufweist.

Zwischen dem Linearmotor 8 und dem Maschinenbett 2 bzw. zwischen dem Linearmotor 8 und dem Schleifspindelstock 4 sind jeweils eine erste, dem Linearmotor 8 zugewandte Kühlplatte 11', 11'' und eine zweite, dem Linearmotor 8 abgewandte Kühlplatte 12', 12'' angeordnet. Zwischen der ersten Kühlplatte 11', 11'' und der zweiten Kühlplatte 12', 12'' ist jeweils eine erste Isolierschicht 13', 13'' vorgesehen. Ferner ist zwischen

der zweiten Kühlplatte 12', 12'' und dem Maschinenbett 2 bzw. dem Schleifspindelstock 4 eine zweite Isolierschicht 14', 14'' vorgesehen.

Die ersten und zweiten Kühlplatten 11 bzw. 12 können jeweils ein Wasserkammersystem aufweisen, dem über eine Zufuhrleitung 15 Wasser oder ein anderes geeignetes Kühlmittel zugeführt und von dem über eine Ableitung 16 das Kühlmittel wieder abgeführt wird. Das aus den Kühlplatten 11, 12 abgeführte Kühlmittel kann in einer nicht dargestellten Einrichtung extern rückgekühlt werden.

Um eine exakte Ausrichtung des Schleifspindelstocks 4 gegenüber dem Maschinenbett 2 zu erreichen, sind zwischen dem Linearmotor 8 und dem Maschinenbett 2 bzw. dem Schleifspindelstock 4 Paßplatten 17, 18 vorgesehen, über die das Verhältnis des Schleifspindelstocks 4 zum Maschinenbett 2 exakt einstellbar ist.

Wie sich aus Fig. 2 ergibt, gleitet dabei der Schleifspindelstock über eine Schienen- oder Kufenlagerung 19, 20 auf dem Maschinenbett 2. Das an dem Schleifspindelstock 4 befestigte Primärteil 9 des Linearmotors 8 bewegt sich mit dem Schleifspindelstock 4 über dessen Hub H. Über eine Leitung 21 wird dem Primärteil 9 Strom zugeführt. Das sich über die gesamte Länge des Verfahrwegs des Schleifspindelstocks 4 erstreckende Sekundärteil 10 ist an dem Maschinenbett 2 befestigt, so daß die bei der Hin- und Herbewegung des Schleifspindelstocks 4 zu bewegenden Massen möglichst klein gehalten werden. Durch Verwendung des Linearmotors 8 können die Beschleunigungen des Schleifspindelstocks 4 wesentlich erhöht werden, was zu höheren Hubzahlfrequenzen und damit kürzeren Schleifzeiten führt.

Um der Kreisbewegung des umlaufenden Hublagerzapfens 6 folgen zu können, muß der Schleifspindelstock 4 mit der Schleifscheibe 7 ständig hin- und herpendelnd bewegt werden. Hierbei wandert die Kontaktzone zwischen Schleifscheibe 7 und Werkstück auf und ab. Aufgrund der erforderlichen hohen Beschleunigungen ist die Leistungsaufnahme und Wärmeabgabe des Linearmotors 8 außerordentlich hoch. Um zu verhindern, daß die durch den Linearmotor 8 entwickelte Wärme zu Verformungen des Maschinenbetts 2 und/oder des Schleifspindelstocks 4 und dadurch hervorgerufenen Rundheits- und Durchmesserfehlern führt, ist der Linearmotor 8 über die Isolierschichten 13, 14 von dem Maschinenbett 2 bzw. dem Schleifspindelstock 4 abgeschirmt. Die von dem Linearmotor 8 entwickelte Wärme wird dabei über die Kühlplatten 11, 12, die von einem extern rückgekühlten Kühlmittel durchströmt werden, abgeführt. Dadurch wird gewährleistet, daß die von dem Linearmotor 8 entwickelte Wärme nicht auf das Maschinenbett 2 und den Schleifspindelstock 4 übertragen wird und dort zu unerwünschten Verformungen führt. Sollten die zwischen dem Linearmotor und dem Maschinenbett 2 bzw. dem Schleifspindelstock 4 vorgesehenen ersten und zweiten Kühlplatten 11, 12 und Isolierschichten 13, 14 nicht ausreichen, die Wärmeübertragung auf das Maschinenbett 2 und den Schleifspindelstock 4 zu unterbinden, können weitere Kühlplatten und Isolierschichten zwischen dem Linearmotor 8 und dem Maschinenbett 2 bzw. dem Schleifspindelstock 4 angeordnet werden.

Mit der Erfindung wird damit eine Schleifmaschine geschaffen, bei der der Verschleiß der Antriebselemente weitgehend vermieden wird und dennoch keine Nachteile hinsichtlich der geforderten Fertigungsgenauigkeit in Kauf genommen werden müssen.

## Bezugszeichenliste

1 Schleifmaschine  
 2 Maschinenbett  
 3 Werkstückspindelschlitten  
 4 Schleifspindelstock  
 5 Werkstück  
 6 Hublagerzapfen  
 7 Schleifscheibe  
 8 Linearmotor  
 9 Primärteil  
 10 Sekundärteil  
 11', 11'' erste Kühlplatte  
 12', 12'' zweite Kühlplatte  
 13', 13'' erste Isolierschicht  
 14', 14'' zweite Isolierschicht  
 15 Zuleitung  
 16 Ableitung  
 17 Paßplatte  
 18 Paßplatte  
 19, 20 Schienenlagerung  
 21 Leitung  
 K Kreisbahn  
 H Hub

## Patentansprüche

1. Schleifmaschine, insbesondere zum Schleifen von Nockenformen oder exzentrisch runden Sitzen, bspw. von Hublagerzapfen (6) einer Kurbelwelle oder dgl., mit einem Maschinenbett (2), auf dem ein Werkstückspindelstock zur drehbaren Aufnahme eines Werkstücks (5) gelagert ist, wobei das Werkstück (5) über eine Werkstückspindel antreibbar ist, einem Schleifspindelstock (4), über den ein Schleifwerkzeug, insbesondere eine Schleifscheibe (7), radial verstellbar ist, um der Nockenform oder der Bewegung des umlaufenden Hublagerzapfens (6) einer Kurbelwelle radial hin- und herpendelnd zu folgen, und mit einer Antriebseinheit zur Bewegung des Schleifspindelstocks (4), dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebseinheit zur Bewegung des Schleifspindelstocks (4) ein Linearmotor (8) mit einem Primärteil (9) und einem Sekundärteil (10) ist.  
 2. Schleifmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Linearmotor (8) und dem ihn tragenden Maschinenbett (2) und/oder zwischen dem Linearmotor (8) und dem zu bewegenden Schleifspindelstock (4) jeweils eine erste Kühlplatte (11) vorgesehen ist, über die dem Linearmotor (8) Wärme entzogen und nach außen abgeführt wird.  
 3. Schleifmaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der ersten Kühlplatte (11) und dem Maschinenbett (2) bzw. dem Schleifspindelstock (4) eine erste Isolierschicht (13) vorgesehen ist.  
 4. Schleifmaschine nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der ersten Kühlplatte (11) und dem Maschinenbett (2) bzw. dem Schleifspindelstock (4) eine zweite Kühlplatte (12) vorgesehen ist und daß die erste Isolierschicht (13) zwischen der ersten und der zweiten Kühlplatte (11, 12) angeordnet ist.  
 5. Schleifmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der zweiten Kühlplatte (12) und dem Maschinenbett (2) und/oder dem Schleifspindelstock (4) eine zweite Isolierschicht

(14) vorgesehen ist.

6. Schleifmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten und/oder zweiten Kühlplatten (11, 12) von einem Kühlmittel, bspw. Wasser durchströmt werden.

7. Schleifmaschine nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der ersten und der zweiten Kühlplatte (11, 12) weitere Kühlplatten vorgesehen sind, die voneinander jeweils über Isolierschichten getrennt sind.

8. Schleifmaschine nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolierschicht (13, 14) aus Pertinax, PVC oder dgl. besteht.

9. Schleifmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Primärteil (9) des Linearmotors (8) an dem Schleifspindelstock (4) und der Sekundärteil (10) des Linearmotors (8) an dem Maschinenbett (2) befestigt ist.

10. Schleifmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch eine in dem Linearmotor (8) integrierte Kühleinrichtung.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

